



12 AOUT 2003

Rec'd PCT/PTO 03 DEC 2004



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

REC'D 26 AUG 2003

WIPO PCT

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 27 MAI 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété Industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

#### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

6 bis, rue de Saint Pétersbourg  
5800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Article VI

N° 11354°01

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

R1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 549 W - 200301

REPRISE DES PIÈCES		<b>Réervé à l'INPI</b>	
DATE	4 JUIN 2002		
LIEU	75 INPI PARIS		
N° D'ENREGISTREMENT	0206846		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI			
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE	- 4 JUIN 2002		
PAR L'INPI			
Vos références pour ce dossier (facultatif) BFF020085			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet	<input checked="" type="checkbox"/>		
Demande de certificat d'utilité	<input type="checkbox"/>		
Demande divisionnaire	<input type="checkbox"/>		
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale	N°	Date	<input type="text"/>
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale	N°	Date	<input type="text"/>
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
PROCEDE POUR GENERER UN CHAMP D'ONDES PREDETERMINE.			
<b>4 DECLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		<input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> Pays ou organisation Date <input type="text"/> N°	
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS	
Prénoms		Etablissement Public, Scientifique et Technologique EPST	
Forme juridique		<input type="text"/>	
N° SIREN		<input type="text"/>	
Code APE-NAF		3, rue Michel Ange 75794 PARIS Cédex 16	
Adresse	Rue		
	Code postal et ville	<input type="text"/>	
Pays	FRANCE		
Nationalité	Française		
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

Remplir impérativement la 2<sup>me</sup> page

BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

R2

Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE 4 JUIN 2002

LIEU 75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

0206846

DB 549 W 3C0301

Vos références pour ce dossier :  
(facultatif)

BFF020085

**6 MANDATAIRE**

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet PLASSERAUD

N ° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

84, rue d'Amsterdam

Adresse

Rue

Code postal et ville

75009 PARIS

N ° de téléphone (facultatif)

N ° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

Oui

Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Établissement immédiat  
ou établissement différé

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques

Oui

Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission  
pour cette invention ou indiquer sa référence):

Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite »,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)**

Eric BURBAUD  
94-0304

VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Procédé pour générer un champ d'ondes prédéterminé.

La présente invention est relative aux procédés pour générer des champs d'ondes prédéterminés dans un  
5 milieu.

Le champ d'ondes en question peut consister en une impulsion d'onde focalisée en un ou plusieurs points du milieu, ou il peut s'agir d'un champ spatio-temporel plus complexe.

10 Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé pour générer un champ d'ondes objectif prédéterminé dans un milieu (homogène ou hétérogène) au moyen d'un premier réseau comprenant au moins un transducteur, ce procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de  
15 laquelle on détermine, en transmettant des ondes dans le milieu entre le premier réseau et un deuxième réseau comprenant au moins un transducteur (le deuxième réseau peut éventuellement comprendre des transducteurs communs avec le premier réseau), des signaux  $e_i(t)$  à émettre par  
20 chaque transducteur  $i$  du premier réseau pour générer ledit champ d'ondes prédéterminé dans le milieu.

Le document WO-A-02/32316 décrit un exemple d'un tel procédé, dans lequel l'étape d'apprentissage susmentionnée permet de déterminer des signaux à appliquer  
25 aux transducteurs du premier réseau pour focaliser une impulsion d'ondes respectivement sur chaque transducteur du deuxième réseau, ce qui permet ensuite de déterminer comment focaliser des impulsions d'ondes en d'autres points du milieu pour imager ce milieu par ondes ultrasons. Ce  
30 procédé connu donne toute satisfaction au plan de ses résultats, mais nécessite toutefois des moyens de calcul importants et implique en outre des temps de calcul assez longs au cours de l'étape d'apprentissage.

La présente invention a notamment pour but de pallier ces inconvénients.

A cet effet, selon l'invention, un procédé du genre en question est caractérisé en ce que l'étape 5 d'apprentissage comprend la séquence de correction suivante :

(a) faire émettre simultanément par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $ei(t)$  déterminé par avance (ces signaux  $ei(t)$  peuvent initialement être prédéterminés ou précédemment déterminés par voie expérimentale comme décrit ci-après, ou ces signaux peuvent résulter de l'étape (h) ci-dessous d'une itération antérieure de la séquence de correction) et permettant de générer un champ d'ondes réel proche du champ d'ondes objectif dans le milieu, ce champ d'ondes objectif correspondant à un signal objectif  $oj(t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(b) faire capter par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau un signal  $rj(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $ei(t)$ ,

(c) déterminer un signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$ , pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,  $dj(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $dj(t) = rj(t) - oj(t)$ ,

(d) faire émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(e) faire capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement inversés  $dj(-t)$ ,

(g) déterminer un signal de correction  $ci(t) = \beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier

La présente invention a notamment pour but de pallier ces inconvénients.

A cet effet, selon l'invention, un procédé du genre en question est caractérisé en ce que l'étape 5 d'apprentissage comprend la séquence de correction suivante :

(a) faire émettre simultanément par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $ei(t)$  déterminé par avance (ces signaux  $ei(t)$  peuvent initialement être prédéterminés ou précédemment déterminés par voie expérimentale comme décrit ci-après, ou ces signaux peuvent résulter de l'étape (g) ci-dessous d'une itération antérieure de la séquence de correction) et permettant de générer un champ d'ondes réel proche du champ d'ondes objectif dans le milieu, ce champ d'ondes objectif correspondant à un signal objectif  $oj(t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(b) faire capter par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau un signal  $rj(t)$  résultant du champ d'ondes 20 généré par les signaux  $ei(t)$ ,

(c) déterminer un signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$ , pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,  $dj(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $dj(t) = rj(t) - oj(t)$ ,

(d) faire émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(e) faire capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement inversés  $dj(-t)$ ,

(f) déterminer un signal de correction  $ci(t) = \beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier

réseau, c'i(-t) étant l'inversion temporelle du signal capté c'i(t) et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul choisi de façon que  $\beta < (\|\bar{e}\| \|\bar{d}\|) / (\|\bar{r}\| \|\bar{c}\|)$ , où  $\bar{e} = [ei(t)]$ ,  $\bar{d} = [dj(t)]$ ,  $\bar{r} = [rj(t)]$ ,  $\bar{c} = [c'i(t)]$  et  $\|\cdot\|$  désigne une norme vectorielle.

5 Grâce à ces dispositions, on parvient à générer très précisément le champ d'ondes objectif, après une ou plusieurs itérations de la séquence de correction et ce même dans un milieu de propagation très dissipatif et/ou hétérogène.

10 Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- la séquence de correction est répétée plusieurs fois ;
- 15 - la séquence de correction est précédée d'une étape initiale au cours de laquelle on détermine expérimentalement une première valeur du signal ei(t) pour chaque transducteur i du premier réseau ;
- au cours de l'étape initiale, on détermine 20 l'inversion temporelle oj(-t) du signal objectif pour chaque transducteur du deuxième réseau, on fait émettre ladite inversion temporelle oj(-t) du signal objectif par chaque transducteur j du deuxième réseau, on fait capter par chaque transducteur i du premier réseau un signal e'i(t) résultant du champ d'ondes généré par les signaux oj(-t), et on détermine le signal ei(t)=e'i(-t) pour chaque transducteur du premier réseau, e'i(-t) étant l'inversion temporelle du signal e'i(t) ;

25 - la norme vectorielle est définie comme suit :  
30  $\|\bar{x}\| = \|[\bar{x}_m(t)]\| = \text{Max}(|x_m(t)|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne l'amplitude du signal  $x_m(t)$  ;

- le champ d'ondes est un champ d'ondes

réseau,  $c'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul choisi de façon que  $\beta < (\|\bar{e}\| \|\bar{d}\|) / (\|\bar{F}\| \|\bar{c}\|)$ , où  $\bar{e} = [ei(t)]$ ,  $\bar{d} = [dj(t)]$ ,  $\bar{r} = [rj(t)]$ ,  $\bar{c} = [c'i(t)]$  et  $\|\cdot\|$  désigne une norme vectorielle,

5 (g) corriger le signal  $ei(t)$  en lui soustrayant  $ci(t)$ .

Grâce à ces dispositions, on parvient à générer très précisément le champ d'ondes objectif, après une ou plusieurs itérations de la séquence de correction et ce 10 même dans un milieu de propagation très dissipatif et/ou hétérogène.

Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

15 - la séquence de correction est répétée plusieurs fois ;

- la séquence de correction est précédée d'une étape initiale au cours de laquelle on détermine expérimentalement une première valeur du signal  $ei(t)$  pour 20 chaque transducteur  $i$  du premier réseau ;

- au cours de l'étape initiale, on détermine l'inversion temporelle  $oj(-t)$  du signal objectif pour chaque transducteur du deuxième réseau, on fait émettre ladite inversion temporelle  $oj(-t)$  du signal objectif par 25 chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau, on fait capter par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $e'i(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $oj(-t)$ , et on détermine le signal  $ei(t) = e'i(-t)$  pour chaque transducteur du premier réseau,  $e'i(-t)$  étant l'inversion 30 temporelle du signal  $e'i(t)$  ;

- la norme vectorielle est définie comme suit :

$\|\tilde{x}\| = \|[\tilde{x}_m(t)]\| = \text{Max}(|x_m(t)|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne l'amplitude du signal  $x_m(t)$  ;

- le champ d'ondes est un champ d'ondes

acoustiques ;

- le champ d'ondes est un champ d'ondes électromagnétiques ;

5 - les ondes sont générées par un système de télécommunication.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante d'une de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard du dessin joint.

10 Sur le dessin, la figure 1 est un schéma de principe représentant un exemple de dispositif permettant de mettre en œuvre l'invention.

Le dispositif 1 de génération d'ondes représenté sur le dessin peut être notamment :

15 - un dispositif de génération d'ondes acoustiques, auquel cas il peut s'agir par exemple d'un dispositif d'imagerie ultrasonore, d'un dispositif de sonorisation, d'un dispositif anti-bruit actif, d'un dispositif de thérapie ultrasonore (par exemple, lithotritie), ou d'un dispositif de communication, 20 notamment sous-marine, par ondes acoustiques,

- ou, le cas échéant, un dispositif de génération d'ondes électromagnétiques, auquel cas il peut s'agir d'un dispositif de télécommunications.

25 Le dispositif 1 est destiné à générer des ondes dans un milieu 2, qui suivant le cas, peut être :

- une partie d'un corps humain ou animal à imager ou à traiter (imagerie médicale ultrasonore ou thérapie ultrasonore),

30 - une partie d'un objet à imager (imagerie industrielle ultrasonore),

- le milieu sous-marin ou souterrain (télécommunications par voie acoustique),

- un lieu public ou privé (sonorisation ou système anti-bruit actif),
- une partie de la surface terrestre avec les couches basses correspondantes de l'atmosphère (télécommunications radio entre des bases fixes et des mobiles),
- la surface terrestre et l'atmosphère y compris ses couches hautes (télécommunications terrestres à longue distance par voie radio ou télécommunications radio entre la terre et un ou plusieurs satellites), etc.

Dans les différentes applications susmentionnées, il est nécessaire de pouvoir générer avec le plus de précision possible un ou plusieurs champs d'ondes objectifs prédéterminés dans le milieu 2, par exemple pour pouvoir focaliser les ondes émises par un premier réseau de transducteurs T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> ... T<sub>n</sub> en un ou plusieurs points du milieu 2 ou le cas échéant pour générer des champs d'ondes plus complexes.

L'intérêt de pouvoir effectuer une focalisation de grande précision peut être par exemple de réaliser une image d'une partie du milieu 2 avec une grande précision, ou de détruire sélectivement une partie du milieu 2 (thérapie ultrasonore), et encore d'envoyer un ou plusieurs messages à des endroits spécifiques du milieu et non dans le reste du milieu 2 (soit dans un souci de discrétion, soit dans un souci d'éviter les interférences entre les différents messages et de permettre ainsi une augmentation du débit de télécommunications).

Le premier réseau comprend un nombre n au moins égal à 1 (avantageusement au moins égal à 2) de transducteurs T<sub>1</sub>-T<sub>n</sub> capables d'émettre et de recevoir des ondes, par exemple ultrasonores.

Les signaux e<sub>i</sub>(t) qui doivent être émis par les

transducteurs  $T_i$  pour obtenir le ou les champs d'ondes objectifs prédéterminés, sont obtenus au cours d'une étape d'apprentissage, au cours de laquelle un deuxième réseau de transducteurs  $T'_1-T'_m$  est utilisé.

5 Ce deuxième réseau comprend un nombre  $n$  au moins égal à 1 (avantageusement au moins égal 2) de transducteurs  $T'_1-T'_m$  de même type que les transducteurs  $T_1-T_n$ .

10 Ce deuxième réseau peut être distinct du premier réseau  $T_1-T_n$ , et n'être mis en place dans le milieu 2 qu'au cours de l'étape d'apprentissage, puis enlevé.

15 Il serait toutefois possible de concevoir de mettre en œuvre le procédé de la présente invention avec un ensemble de transducteurs restant en place en permanence dans le milieu, certains de ces transducteurs servant à constituer le premier réseau de transducteurs et d'autres de ces transducteurs servant à constituer le second réseau de transducteurs pendant la phase d'apprentissage. Au moins certains transducteurs pourraient d'ailleurs être communs aux premier et deuxième réseaux ou encore appartenir soit 20 au premier réseau, soit au deuxième réseau suivant le champ d'ondes objectif que l'on cherche à obtenir (et notamment suivant le point du milieu 2 sur lequel on cherche à focaliser les ondes émises).

25 Les différents transducteurs  $T_1-T_n$ ,  $T'_1-T'_m$  sont commandés par un dispositif de commande électronique 3 qui ne sera pas décrit en détails ici. Ce dispositif de commande peut par exemple être identique ou similaire au dispositif de commande décrit dans le document WO-A-02/32316 susmentionné lorsque le dispositif 1 est un 30 dispositif d'imagerie ou de thérapie acoustique ultrasonore.

Les signaux  $e_i(t)$  déterminés au cours de l'étape d'apprentissage pour chaque transducteur  $T_i$  du premier

réseau permettent par exemple de générer dans le milieu 2 un champ d'ondes focalisé uniquement en un point où est situé l'un des transducteurs du deuxième réseau, par exemple le transducteur  $T'1$ .

5        Cette étape d'apprentissage peut bien entendu être renouvelée pour chacun des transducteurs  $T'1-T'm$  du deuxième réseau, de façon à déterminer à chaque fois des signaux  $e_i(t)$  permettant de focaliser le champ d'ondes sur l'un quelconque des points où est situé l'un des  
10 transducteurs  $T'j$  du deuxième réseau.

Dans tous les cas de figure, au cours d'une même étape d'apprentissage, on détermine les signaux  $e_i(t)$  qui doivent être émis par les transducteurs  $T_i$  du premier réseau pour obtenir des signaux objectifs  $o_j(t)$   
15 correspondant au champ d'ondes objectif au niveau de chaque transducteur  $T'j$  du deuxième réseau.

Le dispositif de commande 3 peut éventuellement avoir en mémoire, à l'avance, des valeurs initiales des signaux  $e_i(t)$  permettant d'obtenir approximativement le  
20 champ d'ondes souhaité.

Toutefois, dans un mode de réalisation préféré de l'invention, ces valeurs initiales des signaux  $e_i(t)$  sont déterminées au cours d'une étape initiale dans laquelle :

- on fait émettre simultanément par les  
25 transducteurs  $T_j$  du deuxième réseau, des signaux  $o_j(-t)$ , résultant de l'inversion temporelle des signaux objectifs  $o_j(t)$  (dans le cas où les signaux objectifs  $o_j(t)$  consistent soit en de simples impulsions à  $t=0$ , soit en des signaux plats, cette étape revient simplement à faire  
30 émettre les signaux objectifs  $o_j(t)$  par les transducteurs  $T'j$ ),

- on fait capter par les transducteurs  $T_i$  du premier réseau des signaux  $e'_i(t)$  résultant du champ

d'ondes générée par les signaux  $o_j(-t)$ ,

- et on détermine la valeur initiale  $e_i(t)$  par inversion temporelle des signaux  $e'i(t)$  susmentionnés :  $e_i(t) = e'i(-t)$ .

5 Une fois déterminée la valeur initiale du signal  $e_i(t)$  pour chaque transducteur  $T_i$  du premier réseau, on procède à une ou plusieurs itérations de la séquence de correction suivantes :

10 (a) on fait émettre simultanément par les différents transducteurs  $T_i$  du premier réseau les signaux  $e_i(t)$ ,

(b) on fait capter, par les différents transducteurs  $T'_j$  du deuxième réseau, des signaux  $r_j(t)$  résultant du champ d'ondes générée par les signaux  $e_i(t)$ ,

15 (c) on détermine un signal de différence temporellement inversé  $d_j(-t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,  $d_j(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $d_j(t) = r_j(t) - o_j(t)$ ,

20 (d) on fait émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $d_j(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(e) on fait capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement inversés  $d_j(-t)$ ,

25 (g) on détermine un signal de correction  $c_i(t) = \beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau,  $c'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul choisi de façon que  $\beta < (\|\bar{e}\| \|\bar{d}\|) / (\|\bar{r}\| \|\bar{c}\|)$ , où  $\bar{e} = [e_i(t)]$ ,  $\bar{d} = [d_j(t)]$ ,

30  $\bar{r} = [r_j(t)]$ ,  $\bar{c} = [c'i(t)]$  et  $\|\cdot\|$  désigne une norme vectorielle (par exemple telle que  $\|\bar{x}\| = \|[x_m]\| = \text{Max}(|x_m|)$ , où  $|x_m|$  désigne

d'ondes générée par les signaux  $o_j(-t)$ ,

- et on détermine la valeur initiale  $e_i(t)$  par inversion temporelle des signaux  $e'i(t)$  susmentionnés :  $e_i(t) = e'i(-t)$ .

5 Une fois déterminée la valeur initiale du signal  $e_i(t)$  pour chaque transducteur  $T_i$  du premier réseau, on procède à une ou plusieurs itérations de la séquence de correction suivantes :

10 (a) on fait émettre simultanément par les différents transducteurs  $T_i$  du premier réseau les signaux  $e_i(t)$ ,

(b) on fait capter, par les différents transducteurs  $T'_j$  du deuxième réseau, des signaux  $r_j(t)$  résultant du champ d'ondes générée par les signaux  $e_i(t)$ ,

15 (c) on détermine un signal de différence temporellement inversé  $d_j(-t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,  $d_j(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $d_j(t) = r_j(t) - o_j(t)$ ,

20 (d) on fait émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $d_j(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(e) on fait capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement 25 inversés  $d_j(-t)$ ,

(f) on détermine un signal de correction  $c_i(t) = \beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau,  $c'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul 30 choisi de façon que  $\beta < (\|\vec{e}\| \|\vec{d}\|) / (\|\vec{r}\| \|\vec{c}\|)$ , où  $\vec{e} = [e_i(t)]$ ,  $\vec{d} = [d_j(t)]$ ,  $\vec{r} = [r_j(t)]$ ,  $\vec{c} = [c'i(t)]$  et  $\|\ \|$  désigne une norme vectorielle (par exemple telle que  $\|\vec{x}\| = \|[x_m]\| = \text{Max}(|x_m|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne

l'amplitude du signal  $x_m(t)$ ). La valeur de  $\beta$  définie ci-dessus (généralement supérieure à 1) permet au processus de correction de converger très rapidement vers des signaux  $e_i(t)$  répondant à l'objectif recherché, mais le coefficient 5  $\beta$  pourrait également être pris égal à 1 sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

A l'itération suivante de la séquence de correction, la valeur du signal  $e_i(t)$  utilisée à l'étape (a) est ensuite celle précédemment déterminée à l'étape (h) 10 de la séquence de correction décrite ci-dessus.

L'expérience montre que le processus de correction converge très rapidement, en quelques millisecondes, même dans un milieu très dissipatif et/ou hétérogène.

Cette convergence rapide, qui ne nécessite par 15 ailleurs pas de moyens de calcul lourds, permet le cas échéant au système de s'adapter en temps réel à des modifications du milieu lorsque le milieu est changeant, ce qui est notamment le cas dans les applications de télécommunications par voie radio ou par voie acoustique. 20 Dans ce cas, le deuxième réseau de transducteurs ne sera pas enlevé après la ou les étapes d'apprentissage de départ, mais sera au contraire laissé en place de façon à pouvoir réitérer la ou les étapes d'apprentissage, à intervalles de temps réguliers ou non.

25 On notera que dans tout le processus d'apprentissage explicité ci-dessus, les signaux émis sont donnés à des coefficients multiplicatifs constants (non nuls) près.

Une fois la ou les étapes d'apprentissage terminées 30 le dispositif de génération d'ondes 1 est capable de générer un ou plusieurs champs d'ondes prédéterminés dans le milieu 2 avec une très grande précision.

Par exemple, dans le cas où on aurait procédé à

l'amplitude du signal  $x_m(t)$ ). La valeur de  $\beta$  définie ci-dessus (généralement supérieure à 1) permet au processus de correction de converger très rapidement vers des signaux  $e_i(t)$  répondant à l'objectif recherché, mais le coefficient 5  $\beta$  pourrait également être pris égal à 1 sans pour autant sortir du cadre de l'invention,

(g) corriger le signal  $e_i(t)$  en lui soustrayant  $c_i(t)$ .

A l'itération suivante de la séquence de correction, la valeur du signal  $e_i(t)$  utilisée à l'étape 10 (a) est ensuite celle précédemment déterminée à l'étape (g) de la séquence de correction décrite ci-dessus.

L'expérience montre que le processus de correction converge très rapidement, en quelques millisecondes, même 15 dans un milieu très dissipatif et/ou hétérogène.

Cette convergence rapide, qui ne nécessite par ailleurs pas de moyens de calcul lourds, permet le cas échéant au système de s'adapter en temps réel à des modifications du milieu lorsque le milieu est changeant, ce 20 qui est notamment le cas dans les applications de télécommunications par voie radio ou par voie acoustique. Dans ce cas, le deuxième réseau de transducteurs ne sera pas enlevé après la ou les étapes d'apprentissage de départ, mais sera au contraire laissé en place de façon à 25 pouvoir réitérer la ou les étapes d'apprentissage, à intervalles de temps réguliers ou non.

On notera que dans tout le processus d'apprentissage explicité ci-dessus, les signaux émis sont donnés à des coefficients multiplicatifs constants (non 30 nuls) près.

Une fois la ou les étapes d'apprentissage terminées le dispositif de génération d'ondes 1 est capable de générer un ou plusieurs champs d'ondes prédéterminés dans le milieu 2 avec une très grande précision.

35 Par exemple, dans le cas où on aurait procédé à

plusieurs étapes d'apprentissage permettant de générer avec précision une impulsion localisée uniquement en un point occupé par un transducteur  $T'j$  du deuxième réseau, on peut ensuite :

5 - dans les applications d'imagerie, générer des impulsions localisées en des points quelconques du milieu 2 (en générant des signaux  $Ei(t)$  obtenus soit par des procédés simples d'interpolation entre les signaux d'émission  $ei(t)$ , permettant de focaliser les ondes 10 respectivement sur plusieurs transducteurs  $j$  du deuxième réseau, soit par des procédés plus complexes tels que ceux décrits par exemple dans le document WO-A-02/32316 susmentionné),

15 - dans les applications de thérapie ultrasonore, générer une impulsion d'ondes de grande amplitude en un point particulier du milieu destiné à être détruit, ce point particulier pouvant correspondre soit à l'emplacement d'un des transducteurs  $T'j$  du deuxième réseau, soit à un point différent du milieu 2, auquel cas les signaux 20 permettant de générer cette impulsion sont déterminés comme expliqué au paragraphe précédent,

- dans les applications de télécommunications, générer un signal porteur d'informations en un point du milieu 2 (comme aux deux alinéas précédents, ce point du milieu 2 peut être l'un des points occupés par les transducteurs du deuxième réseau ou un autre point du milieu, auquel cas on détermine les signaux à émettre  $Ei(t)$  par interpolation ou par des procédés plus complexes tels que ceux décrits dans le document WO-A-02/32316 à partir 30 des différents signaux  $ei(t)$ , permettant de focaliser, les ondes sur les points occupés par les transducteurs  $Tj$  du deuxième réseau), ce signal porteur d'informations étant obtenu en faisant émettre par les transducteurs  $Ti$  des

signaux  $S_i(t) = E_i(t) \otimes S(t)$  égaux au produit de convolution des signaux  $E_i(t)$ , avec le signal  $S(t)$  porteur d'informations qui doit être transmis au point voulu.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour générer un champ d'ondes objectif prédéterminé dans un milieu au moyen d'un premier réseau 5 comprenant au moins un transducteur, ce procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine, en transmettant des ondes dans le milieu entre le premier réseau et un deuxième réseau comprenant au moins un transducteur, des signaux  $ei(t)$  à émettre par chaque 10 transducteur  $i$  du premier réseau pour générer ledit champ d'ondes prédéterminé dans le milieu,  
caractérisé en ce que l'étape d'apprentissage comprend la séquence de correction suivante :

(a) faire émettre simultanément par chaque 15 transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $ei(t)$  déterminé par avance et permettant de générer un champ d'ondes réel proche du champ d'ondes objectif dans le milieu, ce champ d'ondes objectif correspondant à un signal objectif  $oj(t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

20 (b) faire capter par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau un signal  $rj(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $ei(t)$ ,

(c) déterminer un signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  pour chaque transducteur  $j$  du 25 deuxième réseau,  $dj(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $dj(t) = rj(t) - oj(t)$ ,

(d) faire émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

30 (e) faire capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement inversés  $dj(-t)$ ,

(g) déterminer un signal de correction  $c_i(t) = \beta \cdot c'_i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau,  $c'_i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'_i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul  
 5 choisi de façon que  $\beta < (\|\bar{e}\| \|\bar{d}\|) / (\|\bar{r}\| \|\bar{c}\|)$ , où  $\bar{e} = [e_i(t)]$ ,  $\bar{d} = [d_j(t)]$ ,  
 $\bar{r} = [r_j(t)]$ ,  $\bar{c} = [c'_i(t)]$  et  $\| \cdot \|$  désigne une norme vectorielle.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la séquence de correction est répétée plusieurs fois.

3. Procédé selon l'une quelconque des  
 10 revendications précédentes, dans lequel la séquence de correction est précédée d'une étape initiale au cours de laquelle on détermine expérimentalement une première valeur du signal  $e_i(t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau.

15 4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel, au cours de l'étape initiale :

- on détermine l'inversion temporelle  $o_j(-t)$  du signal objectif pour chaque transducteur du deuxième réseau,

20 - on fait émettre ladite inversion temporelle  $o_j(-t)$  du signal objectif par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

25 - on fait capter par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $e'_i(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $o_j(-t)$ ,

- et on détermine le signal  $e_i(t) = e'_i(-t)$  pour chaque transducteur du premier réseau,  $e'_i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal  $e'_i(t)$ .

30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la norme vectorielle est définie comme suit :  $\|\bar{x}\| = \|[x_m]\| = \text{Max}(|x_m|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne l'amplitude du signal  $x_m(t)$ .

(f) déterminer un signal de correction  $c_i(t) = \beta \cdot c'_i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau,  $c'_i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'_i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul choisi de façon que  $\beta < (\|\tilde{e}\| \|\tilde{d}\|) / (\|\tilde{r}\| \|\tilde{c}\|)$ , où  $\tilde{e} = [e_i(t)]$ ,  $\tilde{d} = [d_j(t)]$ ,  $\tilde{r} = [r_j(t)]$ ,  $\tilde{c} = [c'_i(t)]$  et  $\|\ \|$  désigne une norme vectorielle,

(g) corriger le signal  $e_i(t)$  en lui soustrayant  $c_i(t)$ .

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la séquence de correction est répétée plusieurs fois.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la séquence de correction est précédée d'une étape initiale au cours de laquelle on détermine expérimentalement une première valeur du signal  $e_i(t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel, au cours de l'étape initiale :

- on détermine l'inversion temporelle  $o_j(-t)$  du signal objectif pour chaque transducteur du deuxième réseau,

- on fait émettre ladite inversion temporelle  $o_j(-t)$  du signal objectif par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

- on fait capter par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $e'_i(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $o_j(-t)$ ,

- et on détermine le signal  $e_i(t) = e'_i(-t)$  pour chaque transducteur du premier réseau,  $e'_i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal  $e'_i(t)$ .

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la norme vectorielle est définie comme suit :  $\|\tilde{x}\| = \|\tilde{x}_m\| = \text{Max}(|x_m|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne l'amplitude du signal  $x_m(t)$ .

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le champ d'ondes est un champ d'ondes acoustiques.

7. Procédé selon l'une quelconque des 5 revendications 1 à 5, dans lequel le champ d'ondes est un champ d'ondes électromagnétiques.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les ondes sont générées par un système de télécommunication.

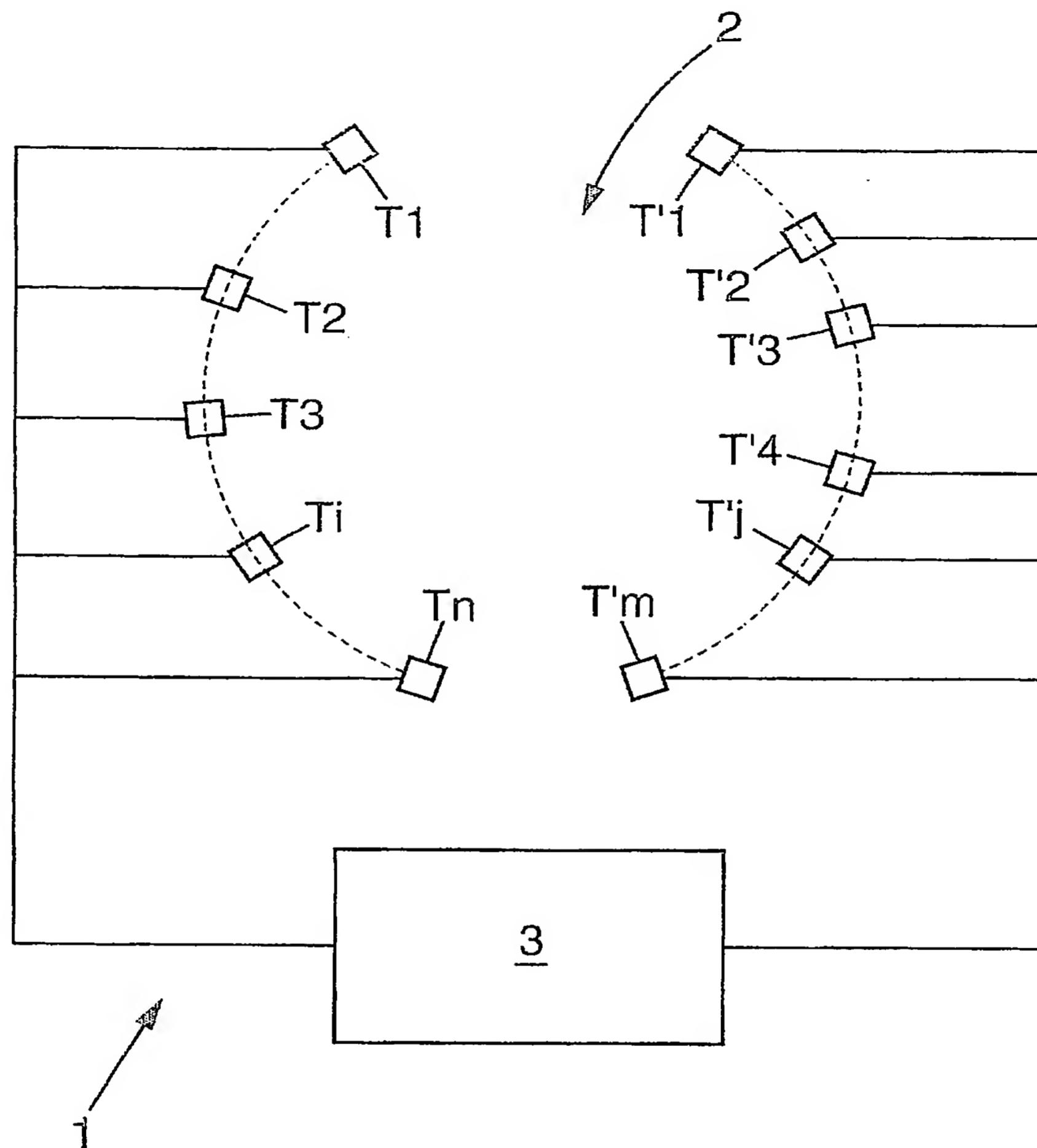


FIG. 1

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° ... / ...

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 30032



Vos références pour ce dossier <i>( facultatif )</i>	BFF020085		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02106846		
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
<p>PROCEDE POUR GENERER UN CHAMP D'ONDES PREDETERMINE.</p>			
<p>LE(S) DEMANDEUR(S) :</p> <p>CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS -</p>			
<p>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).</p>			
Nom		MONTALDO Gabriel	
Prénoms			
Adresse	Rue	5 bd Gouvion St-Cyr	75017 PARIS
	Code postal et ville	FRANCE	
Société d'appartenance <i>( facultatif )</i>			
Nom		FINK Mathias	
Prénoms			
Adresse	Rue	16 rue E. Laferrière	92190 MEUDON
	Code postal et ville	FRANCE	
Société d'appartenance <i>( facultatif )</i>			
Nom		TANTER Mickael	
Prénoms			
Adresse	Rue	6 rue des quatre vents	75006 PARIS
	Code postal et ville	FRANCE	
Société d'appartenance <i>( facultatif )</i>			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Le 4 juin 2002	
		<b>CABINET PLASSERAUD</b>	
		Eric BURBAUD	
		94-0304	